

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(5)
รายการตาราง	(8)
รายการภาพประกอบ	(9)
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 บทนำสั้นเรื่อง	2
1.2 การตรวจเอกสาร	2
1.2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสารหนู	2
1.2.2 ปฏิกริยาทางเคมีของสารหนูในธรรมชาติ	2
1.2.3 การสลายตัวของแร่ที่มีสารหนู	4
1.2.4 กระบวนการทางเคมีของสารหนูที่แพร่กระจายลงสู่ดิน	4
1.2.5 ไดอะแกรม Eh-pH ของสารหนู	5
1.2.6 การปนเปื้อนของสารหนูในอากาศ	7
1.2.7 เทคโนโลยีการบำบัดดินที่มีการปนเปื้อนสารหนู	7
1.2.8 การดูดซับและไอโซเทอมของการดูดซับ	9
1.2.9 คุณสมบัติโดยทั่วไปของวัสดุที่นำมาใช้คลุมดิน	11
1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
1.4 วัตถุประสงค์	14
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	15
2 วิธีการวิจัย	16
2.1 วัสดุ	16
2.1.1 วัสดุที่นำมาใช้คลุมดินที่ปนเปื้อนสารหนู	16
2.1.2 ตัวอย่างดินที่มีการปนเปื้อนสารหนู	16
2.1.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	16
2.2 อุปกรณ์	17
2.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับบดตัวอย่างดิน	17
2.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับห้องปฏิบัติการทางเคมี	17

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.3 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์สารหนู เหล็กและแคลเซียม	18
2.2.4 อุปกรณ์สำหรับใช้ในการทดลองแบบคอลัมน์	18
2.3 ขอบเขตและวิธีการวิจัย	18
2.3.1 ขอบเขตการวิจัย	18
2.3.2 วิธีการวิจัย	19
2.3.3 เปรียบเทียบข้อมูลจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่ได้จากห้องปฏิบัติการ	24
2.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	24
3 ผลการทดลองและการอภิปราย	28
3.1 การเก็บและเตรียมตัวอย่างดิน	28
3.2 การทดลองแบบกะ	29
3.2.1 การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสารหนูด้วยวัสดุกลุ่มดิน	29
3.2.2 การศึกษาระยะเวลาสัมผัสเพื่อเข้าสู่สถานะสมดุลของการดูดซับสารหนู	30
3.2.3 การศึกษาความสามารถในการดูดซับของสารหนูบนวัสดุกลุ่มดิน	32
3.3 การทดลองแบบต่อเนื่อง	36
3.3.1 การบดอัดดิน	36
3.3.2 การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน	38
3.3.3 การทดสอบการชะละลาย	39
3.3.4 ความสัมพันธ์ทางสถิติของตัวแปรที่ทำการศึกษา	50
4 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	67
4.1 สมบัติของดินที่ปนเปื้อนสารหนูและวัสดุกลุ่มดิน	67
4.2 การทดลองแบบกะ	67
4.3 การทดลองแบบต่อเนื่อง	68
4.4 ข้อเสนอแนะด้านการวิจัย	69
เอกสารอ้างอิง	70

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	75
ก การวัดปริมาณสารหนู โดยวิธี colorimetry molybdenum blue	76
ข ผลการทดสอบความหนาแน่นแบบมาตรฐาน	80
ค ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการทดลอง	85

=

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1-1 ความเข้มข้นของอาร์ซีเนตในสารละลายที่อยู่ในสภาพสมดุลกับ calcium arsenate magnesium arsenate และ iron (III) arsenate	13
2-1 การวางแผนการทดลอง	20
3-1 สมบัติของดินเหนืองแร่และวัสดุคลุมดิน	28
3-2 ไอโซเทอมของการดูดซับสารหนูตามสมการ Freundlich	33
3-3 ไอโซเทอมของการดูดซับสารหนูตามสมการ Langmuir	33
3-4 ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน	38
3-5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของตัวแปรในชุดการทดลองแบบกะ	52

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1-1 ไคอะแกรม Eh-pH ของสารหนู	5
1-2 ไคอะแกรม Eh-pH ของสารหนูและเหล็ก	6
1-3 กราฟของ Freundlich Isotherm เพื่อหาค่า K และ n	10
1-4 กราฟของ Langmuir Isotherm เพื่อหาค่า K_A และ q_m	11
2-1 พื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของสารหนู	17
2-2 การทดลองแบบกะ (Batch Adsorption Test)	21
2-3 Proctor mold	22
2-4 Rammer	22
2-5 Column Leaching Test (Constant Head Test)	25
2-6 แสดงชุดการทดลอง column leaching test	25
2-7 ขั้นตอนดำเนินการทดลอง	26
2-8 ขั้นตอนดำเนินการทดลองแบบกะ	27
3-1 ประสิทธิภาพการดูดซับสารหนู โดยวัสดุคลุมดินทั้ง 4 ชนิด	30
3-2 ระยะเวลาที่เข้าสู่สภาวะสมดุลของสารหนูที่ถูกดูดซับด้วยดินลูกรัง	31
3-3 ระยะเวลาที่เข้าสู่สภาวะสมดุลของสารหนูที่ถูกดูดซับด้วยถ้ำลอย	31
3-4 กราฟ Freundlich Isotherm ของดินลูกรัง	34
3-5 กราฟ Freundlich Isotherm ของถ้ำลอย	34
3-6 กราฟ Langmuir Isotherm ของดินลูกรัง	35
3-7 กราฟ Langmuir Isotherm ของถ้ำลอย	35
3-8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำและความหนาแน่นของชุดดินเหนียวแรม 100% w/w	37
3-9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำและความหนาแน่นของชุดดินเหนียวแรมผสมดินลูกรัง 20% w/w	37
3-10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำและความหนาแน่นของชุดดินเหนียวแรมผสมถ้ำลอย 10% w/w	38
3-11 ปริมาณสารหนูกับเวลาของ T1 และ T2 เมื่อถูกชะละลายด้วย deionized water และ K_2SO_4 0.05 โมล	41
3-12 ปริมาณสารหนูกับเวลาของ T1 และ T3 เมื่อถูกชะละลายด้วย deionized water และ K_2SO_4 0.05 โมล	41
3-13 ปริมาณสารหนูกับเวลาของ T1 T2 และ T3 เมื่อถูกชะละลายด้วย deionized water และ K_2SO_4 0.05 โมล	42
3-14 ปริมาณสารหนูสะสมเมื่อถูกชะละลายด้วย deionized water และ K_2SO_4 0.05 โมล	42

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3-15 พีเอชกับเวลาของ T1 และ T2 เมื่อถูกระบายด้วย deionized water และ K_2SO_4 0.05 โมล	44
3-16 พีเอชกับเวลาของ T1 และ T3 เมื่อถูกระบายด้วย deionized water และ K_2SO_4 0.05 โมล	44
3-17 พีเอชกับเวลาของ T1 T2 และ T3 เมื่อถูกระบายด้วย deionized water และ K_2SO_4 0.05 โมล	45
3-18 ค่าการนำไฟฟ้ากับเวลาของ T1 และ T2 เมื่อถูกระบายด้วย deionized water และ K_2SO_4 0.05 โมล	46
3-19 ค่าการนำไฟฟ้ากับเวลาของ T1 และ T3 เมื่อถูกระบายด้วย deionized water และ K_2SO_4 0.05 โมล	46
3-20 ค่าการนำไฟฟ้ากับเวลาของ T1 T2 และ T3 เมื่อถูกระบายด้วย deionized water และ K_2SO_4 0.05 โมล	47
3-21 ปริมาณเหล็กกับเวลาของ T1 และ T2 เมื่อถูกระบายด้วย deionized water และ K_2SO_4 0.05 โมล	48
3-22 ปริมาณเหล็กกับเวลาของ T1 และ T3 เมื่อถูกระบายด้วย deionized water และ K_2SO_4 0.05 โมล	48
3-23 เหล็กกับเวลา T1 T2 และ T3 เมื่อถูกระบายด้วย deionized water และ K_2SO_4 0.05 โมล	49
3-24 ปริมาณแคลเซียมกับเวลาของ T1 และ T2 เมื่อถูกระบายด้วย deionized water และ K_2SO_4 0.05 โมล	50
3-25 ปริมาณแคลเซียมกับเวลาของ T1 และ T3 เมื่อถูกระบายด้วย deionized water และ K_2SO_4 0.05 โมล	50
3-26 ปริมาณแคลเซียมกับเวลาของ T1 T2 และ T3 เมื่อถูกระบายด้วย deionized water และ K_2SO_4 0.05 โมล	51
3-27 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับปริมาณสารหนูในชุดการทดลองด้วยดินลูกรัง	54
3-28 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับปริมาณเหล็กในชุดการทดลองด้วยดินลูกรัง	54
3-29 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับปริมาณแคลเซียมในชุดการทดลองด้วยหินปูนฝุ่น	55
3-30 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้ากับปริมาณแคลเซียมในชุดการทดลองด้วยหินปูนฝุ่น	56
3-31 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับค่าการนำไฟฟ้าในชุดการทดลองด้วยปูนขาว	57
3-32 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับปริมาณแคลเซียมในชุดการทดลองด้วยปูนขาว	57
3-33 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับปริมาณสารหนูในชุดการทดลองด้วยปูนขาว	58
3-34 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับปริมาณเหล็กในชุดการทดลองด้วยปูนขาว	58
3-35 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้ากับปริมาณสารหนูในชุดการทดลองด้วยปูนขาว	59
3-36 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้ากับปริมาณเหล็กในชุดการทดลองด้วยปูนขาว	60
3-37 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้ากับปริมาณแคลเซียมในชุดการทดลองด้วยปูนขาว	60
3-38 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมกับปริมาณสารหนูในชุดการทดลองด้วยปูนขาว	61
3-39 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมกับปริมาณเหล็กในชุดการทดลองด้วยปูนขาว	62
3-40 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับค่าการนำไฟฟ้าในชุดการทดลองด้วยถ้ำลอย	63
3-41 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับปริมาณเหล็กในชุดการทดลองด้วยถ้ำลอย	64

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3-42 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้ากับปริมาณสารหนูในชุดการทดลองด้วยถ้ำลอย	64
3-43 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้ากับปริมาณแคลเซียมในชุดการทดลองด้วยถ้ำลอย	65
3-44 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมกับปริมาณสารหนูในชุดการทดลองด้วยถ้ำลอย	65

=

รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวก	หน้า
ก-1 ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินและวัสดุก่อนทดลอง	86
ก-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูเมื่อผสมวัสดุคลุมดินต่อดินเหนียวแระ	87
ก-3 ประสิทธิภาพการดูดซับสารหนูโดยวัสดุคลุมดินทั้ง 4 ชนิด (ร้อยละ)	88
ก-4 ระยะเวลาที่เข้าสู่สภาวะสมดุลของสารหนูที่ถูกดูดซับด้วยดินลูกรัง (มก./ก.)	89
ก-5 ระยะเวลาที่เข้าสู่สภาวะสมดุลของสารหนูที่ถูกดูดซับด้วยถ้ำลอย (มก./ก.)	90
ก-6 ไอโซเทอมของการดูดซับสารหนูตามสมการ Freundlich ของดินลูกรัง	91
ก-7 ไอโซเทอมของการดูดซับสารหนูตามสมการ Freundlich ของถ้ำลอย	92
ก-8 ไอโซเทอมของการดูดซับสารหนูตามสมการ Langmuir ของดินลูกรัง	93
ก-9 ไอโซเทอมของการดูดซับสารหนูตามสมการ Langmuir ของถ้ำลอย	94
ก-10 ผลการทดสอบการชะละลาย (column leaching test)	95

==